

新型材料在油气储运工艺中的应用与前景

李 帅 (山东莱克工程设计有限公司, 山东 东营 257000)

摘 要: 全球能源需求持续增长使得油气储运技术对保障能源安全愈发关键, 传统油气储运工艺遭受高温、高压、腐蚀等诸多挑战急需研发新材料提升储运效率、安全性和环保性, 复合材料、纳米材料、超高分子量聚乙烯等新型材料性能优异且在油气储运领域逐步广泛应用, 本文先概述新型材料于油气储运的重要性、类型特点, 接着探讨其在储罐、管道、泵阀等关键设备的应用并分析实际应用中的技术挑战与解决方案, 还展望新型材料在油气储运领域的前景与发展方向, 随着材料技术不断进步, 油气储运工艺会更高效、安全、环保。

关键词: 新型材料; 油气储运; 复合材料; 纳米材料; 高温高压; 腐蚀防护

中图分类号: TE88

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 032-0022-03

Application and prospect of new materials in oil and gas storage and transportation process

Li Shuai (Shandong Laik Engineering Design Co., LTD., Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: The continuous growth in global energy demand has made oil and gas storage and transportation technologies increasingly critical for ensuring energy security. Traditional oil and gas storage and transportation processes face numerous challenges such as high temperature, high pressure, and corrosion, necessitating the development of new materials to enhance efficiency, safety, and environmental performance. Advanced materials like composites, nanomaterials, and ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) exhibit excellent properties and are gradually being widely applied in the oil and gas storage and transportation sector. This paper first outlines the importance and characteristics of new materials in oil and gas storage and transportation. It then explores their application in key equipment such as storage tanks, pipelines, and pumps and valves, analyzing the technical challenges and solutions in practical applications. Furthermore, it forecasts the prospects and development directions of new materials in the oil and gas storage and transportation field. With continuous advancements in material technology, the processes of oil and gas storage and transportation will become more efficient, safer, and environmentally friendly.

Key words: new materials; oil and gas storage and transportation; composite materials; nanomaterials; high temperature and pressure; corrosion protection

全球能源需求不断增长, 油气储运作为能源产业的重要部分面临诸多挑战, 传统储运技术在高温、高压、腐蚀环境下有局限且常难以满足复杂的油气运输需求, 提高油气储运效率与安全性研发新材料很关键, 像复合材料、纳米材料、超高分子量聚乙烯等新型材料耐腐蚀性、抗压性、耐高温等性能优异, 应用这些材料能解决传统材料在油气储运中的技术难题并减少对环境的负面影响、符合行业环保和可持续发展需求, 因此本文探讨新型材料在油气储运工艺中的应用现状、挑战和发展前景, 给行业相关技术进一步发展提供参考。

1 新型材料在油气储运中的应用概述

1.1 新型材料在油气储运中的重要性

现代能源产业中的油气储运是重要环节, 涉及开采到运输各方面, 油气储存运输时要承受高温、低温、高压等极端工况并且面临化学物质腐蚀、磨损等诸多挑战, 碳钢、不锈钢等传统材料在这种极端环境下有一定局限性, 要提升油气储运效率、确保运输安全、

降低故障率、减少环境污染, 采用新型材料是重要手段, 复合材料、超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 和纳米材料等新型材料的力学性能、耐腐蚀性、抗压性等很优秀, 既能延长设备使用寿命、减少泄漏风险、提高储运系统可靠性和安全性, 又能降低油气储运维护成本, 实现经济效益和环保效益的双重提升。

1.2 新型材料的类型与特点

复合材料轻质高强、耐腐蚀、抗疲劳等特点使其在管道、储罐等设备里广泛应用, 从而有效解决金属材料的腐蚀和重量问题。超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 耐磨性出色、摩擦系数低、化学稳定性好, 特别适用于输送管道和储罐内衬, 能显著提高运输时设备的耐用性与效率。纳米材料导热性、抗氧化性和强度优异, 在高温高压下性能卓越, 尤其适用于高压管道与阀门等关键设备。金属基复合材料、陶瓷涂层材料等在特殊环境下也有用武之地, 针对性选择和优化材料类型就能有效提升油气储运设备性能, 保障运输过程安全稳定^[1]。

2 新型材料在油气储运技术中的具体应用

2.1 高性能储罐材料

新型材料技术发展起来了,储罐制造与维护广泛应用复合材料、耐腐蚀涂层等新型材料,复合材料轻质高强且耐腐蚀,因此成为很重要的储罐材料,玻璃纤维增强塑料(GRP)复合材料和碳纤维复合材料尤其如此,它们能提高储罐结构强度、大大延长储罐使用寿命并减少腐蚀问题,储罐防护也用到有自修复功能的涂层材料,该材料微小损伤时能自动修复,从而不让腐蚀扩展、有效降低维护成本并提高储运安全性。

2.2 管道材料的创新与发展

油气运输中管道是重要组成部分,它长期处于高压、高温、腐蚀这样恶劣的工作环境里,在酸、碱、盐等化学介质面前,传统金属管道常出现腐蚀、疲劳破裂的状况从而限制了油气运输的安全性和经济性,逐渐地,新型材料像是聚合物涂层、复合材料管道和陶瓷涂层等成了替代传统金属管道的好选择,像聚乙烯、聚丙烯之类的塑料管道耐腐蚀性和抗压力不错且重量还轻,安装和维护都方便,复合材料管道将高强度金属和高耐腐蚀的非金属材料结合起来,在海底油气管道、天然气输送管道等特殊环境中已广泛应用,并且陶瓷涂层技术一应用,管道在高温、强酸性环境中的耐用性提高了,从而大大延长管道使用寿命,还降低了管道泄漏风险^[2]。

2.3 泵与阀门等设备中的材料创新

在油气储运系统里,泵和阀门属于关键设备,在高温高压这种极端环境下,传统材料往往满足不了它们的性能要求,泵与阀门制造时就广泛用上了新型材料,像陶瓷材料,硬度高、耐腐蚀、抗磨损,在泵叶轮、密封部件这些高磨损地方就用得挺多,而且还有硬质合金、钛合金等金属材料,耐高温高压又抗强腐蚀,是泵体、阀门和管道连接部件的重要选材,新型材料这么一用,泵与阀门在高温高压环境下的稳定性和安全性明显提高了,故障率降低了,维护成本也减少了,油气储运过程就能顺利进行了。

2.4 防泄漏与密封技术中的新型材料

在油气储运时,运输安全与防止环境污染的关键在于防泄漏技术,由于传统密封材料运行久了易老化、失效从而产生泄漏问题,当下研发新型密封材料成了技术发展的趋向,像耐高温、耐腐蚀的橡胶、金属、复合材料等新型密封材料在高温、高压、强腐蚀环境下密封性能稳定,并且智能材料的应用也给防泄漏技术带来革新,拿形状记忆合金做密封件时温度一有变化它就自动调整形态、密封效果良好,新型材料的使用使密封系统可靠性大大提高、油气泄漏风险降低,

进而油气储运安全与环保就有了保障。

3 新型材料在油气储运中的技术挑战

3.1 材料性能与环境适应性问题

新型材料在油气储运领域虽有诸多优势,但实际应用时仍面临不少技术挑战,在油气储运过程中,高温、高压、强腐蚀等极端环境要求其具备良好力学性能、耐久性与抗腐蚀性,然而在长期高应力和复杂环境作用下,一些材料在极端环境下的性能稳定性还需进一步提高,长期处于这种环境中,某些新型材料会疲劳、老化、降解,影响使用寿命和安全,还有些材料低温下会脆化失效,进一步优化新型材料性能以确保其在极端环境下稳定长效是当前油气储运技术的重要挑战。

3.2 经济性与可持续性问题

新型材料研发和生产常要花高昂成本,像纳米材料、碳纤维复合材料等高性能材料尤其如此,生产工艺复杂且费用高,实际应用时经济压力不小,这些材料虽性能好但高成本常限制广泛应用,因此在确保性能的降低生产成本、提高性价比,这是新型材料推广应用的关键问题之一;并且材料可持续性也不能忽略,很多新型材料生产时可能产生大量废弃物或者造成污染,在油气储运领域应用新型材料时,实现绿色生产和回收利用、减少环境污染成了另一大挑战^[3]。

3.3 材料加工与制造工艺问题

新型材料制造和加工工艺往往比传统材料更复杂且技术水平要求更高,就像复合材料制备需要多层次材料设计、精密加工技术和严格质量控制,否则大规模生产和标准化应用就难了,某些高性能材料如纳米材料和高分子材料加工时工艺要求高,需要特殊设备和环境条件才能确保性能稳定,开发高效低成本、能减少生产能耗和材料浪费的新型材料加工工艺是新型材料应用的技术瓶颈。

3.4 安全性与可靠性问题

油气储运过程安全性要求较严苛时往往会使用新型材料,且油气储运设备的可靠性关系到设备自身的安全性并和社会安全、环境保护等紧密相连,虽然新型材料多方面性能优异,但特殊工况下其安全性和可靠性有待验证,有些新型复合材料受冲击、摩擦等影响会局部损伤甚至失效从而产生更大安全隐患,严格评估新型材料以确保其在高风险环境可靠是油气储运技术的重要课题。

4 新型材料的未来发展方向与前景

4.1 多功能材料的研究与开发

油气储运领域未来的新型材料会朝着多功能化发展,要把多种功能集成于一种材料,不同功能材料复

合后除有高强度、耐腐蚀等基本性能还会有抗菌、抗辐射、智能响应等附加功能,智能材料能根据环境变化自动调节自身特性,像温度变化时自动修复微裂纹、压力过大时释放应力,这种多功能材料会大大提高油气储运系统的安全性和可靠性并减少人工干预与维护成本,研究开发多功能材料是油气储运技术未来的一个重要发展趋势,多功能材料实际应用时得考虑成本效益和可制造性,用纳米技术、3D 打印这些先进制造技术来精确设计、高效生产材料,多功能材料在油气储运中的应用还能延伸到传感器和监控设备里以让整个系统更智能、自动化从而提升运行效率和安全性^[4]。

4.2 环保与可持续发展材料的应用

环保法规日益严格且可持续发展理念不断推广,油气储运领域的新型材料在未来会更重视环保性与可持续性,其材料创新的重要方向是在生产、使用和回收时减少资源消耗与污染排放,未来重点将是开发绿色材料、可降解材料、资源循环利用型材料,采用可再生资源(像天然纤维、植物基聚合物)做原料能减少对环境的负面影响,开发更高效的材料回收技术以延长材料使用寿命、减少废弃物也有助于油气储运领域绿色转型,油气储运行业应用这些环保与可持续发展材料能保障能源安全并践行绿色发展理念,具体应用时研发环保材料得考虑其在极端环境下性能的稳定性与耐久性以保证在油气储运中的长期可靠性,环保材料推广还得有政策和市场支持,依靠激励措施和市场引导来加快其在油气储运领域的应用。

4.3 跨学科协作与创新

新型材料研发与应用往往得把材料科学、化学工程、机械工程等多学科知识技术相结合,这离不开多学科领域紧密合作,跨学科协作创新是未来材料发展的重要趋势,且能更好解决材料实际应用中的复杂问题,极端工况下的材料老化、腐蚀与失效问题。先进计算模拟技术和人工智能的应用会给新型材料设计、优化和生产有力支持,用人工智能预测优化材料性能,就能大大缩短新型材料研发周期提升研发效率。未来,跨学科协作创新会推动新型材料在油气储运领域不断发展应用,具体研发时,跨学科团队可通过联合实验室、科研项目合作解决技术难题,而且跨学科协作还涉及与产业界合作,产学研结合能把科研成果快速转为实际应用,增强新型材料市场竞争力^[5]。

4.4 全球化与市场化应用

全球能源市场不断发展,油气储运技术需求全球化,新型材料研发不仅要满足国内需求,还得适应国际市场多样化要求,油气储运行业在全球化背景下面临不同国家和地区法规、标准、市场需求的差异,在

不同环境推广应用新型材料是未来发展的一大挑战,在此过程中,国际技术交流合作很重要,全球化技术标准和市场化应用会推动新型材料普及,以后国际合作深入后油气储运新型材料能在全球更广泛应用,提升全球能源运输效率 and 安全性,企业和研究机构要积极参与国际标准制定修订,保证新型材料符合国际市场要求,参加国际展览和技术交流会能展示推广新型材料优势,扩大其全球影响力,全球化背景下市场化应用要考虑不同地区经济、政治、文化因素,靠灵活市场策略和本地化服务推动新型材料全球应用和普及^[6-9]。

5 结论

油气储运领域新型材料的应用前景广阔,能有效提高系统的安全性、效率与环境适应性,虽然其性能佳,但在经济性、可持续性、加工工艺和安全性等方面仍存在不少挑战;随着科技不断进步,未来新型材料将朝多功能化、环保性和可持续性发展,通过跨学科协作创新解决现有技术瓶颈以促使材料广泛应用,并且全球化和市场化需求会加快新型材料的研发推广,使其在不同环境和标准下满足油气储运系统的多样化需求,新型材料不断创新完善会让油气储运领域的安全性、经济性和可持续性更高,推动该行业绿色转型可持续发展。

参考文献:

- [1] 焉然. 中国油气储运技术现状及发展趋势 [J]. 中国化工贸易, 2023:157-159.
- [2] 陈凯力, 张芮, 王军, 等. 新型碳纳米涂料在油气储运工程防腐领域的应用前景 [J]. 全面腐蚀控制, 2021, 035(011):1-7.
- [3] 滕霖, 肖梦琪, 臧雪瑞, 等. 油气储运工程专业中的新材料类教学实验——以仿生超疏水耐磨管道内涂层实验为例 [J]. 实验技术与管理, 2022, 39(11):177-180.
- [4] 张妹慧. 油气储运中管道防腐工艺设计和使用探析 [J]. 工程建设 (维泽科技), 2024, 7(9):96-98.
- [5] 杨飞, 王邦文, 李传宪, 等. 海上溢油处理用超疏水-超亲油三维弹性多孔材料研究进展 [J]. 油气储运, 2021, 40(11):10.
- [6] 童豪杰. 油气储运中的设施安全问题及解决措施. 中国石油和化工标准与质量, 2024(24).
- [7] 苏强. 油气储运中的安全隐患及防范路径. 石化技术, 2024(11).
- [8] 韩立芳; 张琪. 油气储运系统节能技术分析. 化学工程与装备, 2024(06).
- [9] 杨皓轩. 油气储运工艺的优化措施探讨. 中国石油和化工标准与质量, 2024(12).